621.992.7 : 539.432

転造条件が転造ねじの疲れ強さに及ぼす影響*

(第 3 報, 転造 V みぞ付試験片の回転曲げ疲れ強さ, 続報)

吉 本 勇**

The Effect of the Thread Rolling Conditions on the
Fatigue Strength of the Rolled Screw Threads(3rd Report, Rotating Bending Fatigue Strength of the
Specimens with Rolled V Groove, Part 2)

by Isamu YOSHIMOTO

In the first report the published papers on the fatigue strength of rolled screw threads were reviewed, and it was reported that the fatigue strength of rolled screw threads might be affected by the rolling condition. Then the process of thread rolling was analysed theoretically. In the second report the results of the rotating bending fatigue tests on the specimens with rolled V groove were presented. In this experiment the rolling conditions of V groove were changed by varying the number of revolutions of specimen during rolling process. The type of rolling pressure curve was held constant.

In this third report the results of the fatigue tests similar to those in the second report are presented. In this experiment the type of rolling pressure curve as well as the number of revolutions of specimen is varied. When the rolling is performed by the usual method using the rolling attachment reported in the second report, the rolling pressure curve becomes an increasing pressure type. Using the same attachment the constant pressure type can be obtained by a simple additional operation. In these two types of rolling pressure curves the V groove is rolled at the three levels of the number of revolutions of specimen. The fatigue tests are carried out on these specimens. The fatigue strength of the specimen with rolled V groove increases with the decrease of the number of revolutions of specimen, and is higher in the constant pressure type than in the increasing pressure type.

1. 緒 言

第 1 報⁽¹⁾において転造ねじの疲れ強さに関する従来の研究を解析し、転造ねじの疲れ強さはそのねじが転造されたときの条件に影響されるのではないかということを経験した。つぎに転造条件をどのように表現すればよいかということについて考察を行ない、転造条件を転造の始めからねじ山が完成するまでの素材のころがり数および転造圧力曲線の形式によって表現することを提案した。

第 2 報⁽²⁾においては丸棒に V みぞを転造し、これを試験片として回転曲げ疲れ試験を行なった。このために簡単な転造装置を作った。これを用いて普通の方法で V みぞを転造すると、そのさいの転造圧力曲線は第

1 報で考察した圧力上昇形に相当することが計算ならびに実験により確かめられた。第 2 報では転造圧力曲線の形は一定にして、転造中の試験片のころがり数だけを変化させた。そして S 35 C および SCM 3 の 2 種類の材料について行なった実験から、転造 V みぞ付試験片の回転曲げ疲れ強さは転造中の試験片のころがり数によりわずかに変化することがわかった。

その後、転造圧力曲線の形を変化させることについて検討を行なった。その結果上記の転造装置を用いて簡単な操作を加えることにより第 1 報で考察した圧力一定形の転造圧力曲線が得られることがわかった。この報告では転造圧力曲線の形も含めて転造条件が V みぞ付試験片の回転曲げ疲れ強さに及ぼす影響を調べ、転造ねじの疲れ強さに対する基礎データを得ようとするものである。

* 昭和 36 年 11 月 12 日 第 39 期全国大会講演会において論文講演として講演, 原稿受付 昭和 36 年 8 月 1 日。

** 正員, 東京工業大学精密工学研究所 (東京都目黒区大岡山 1)。

2. 実験計画

試験片の材料・形状などについては第2報に詳しく述べられている。材料は第1表に示す2種類で、疲れ試験片の形状は第1図に示すとおりである。使用した疲れ試験機は片持回転曲げの形式で、試験片の回転数は1500 rpmである。第1図のAの部分のコレットでつかんで回転させ、Bの部分に荷重がかかる。

Vみぞの転造条件は転造中の試験片のころがり数 ν_0 と転造圧力曲線の形とによって表現する。 ν_0 は第2報の場合と同様にほぼ10, 20, 40に等しくなるように選んだ。転造圧力曲線の形式は第1報に述べたように圧力上昇形, 圧力一定形, 圧力降下形の3種類がある。転造工具が素材にいくこんでゆく過程を調べて

第1図 疲れ試験片の形状

①: ロール, ②: 軸受, ③: フレーム, ④: 支持部,
⑤: 抵抗線ひずみ計をはった位置

第2図 Vみぞ転造装置

みると、第1報で報告したように圧力一定形と圧力降下形とはそれほど大きな差はないので、ここでは圧力上昇形と圧力一定形とを取上げる。

結局取上げた因子は試験片の材料, 転造中の試験片のころがり数および転造圧力曲線の形式で、それぞれ、A, BおよびCと呼ぶことにする。水準の数はAでは2, Bでは3, Cでは2である。A₁はS35C, A₂はSCM3を示し, B₁, B₂, B₃はそれぞれ $\nu_0=10, 20, 40$ に対応する。またC₁は圧力上昇形, C₂は圧力一定形を表わす。これら三つの因子の組合せは12ある。この各組合せに対し約10本の試験片を製作し疲れ試験を行なった。

疲れ試験法としては1シリーズに10本程度しか試験片を用意できなくても、得られた結果を統計的に解析できるように筆者⁽³⁾が提案した方法を用いることにした。上に述べたようないくつかの因子に対する疲れ試験の実験結果の解析法については第2報で考察されている。

3. 圧力一定形のVみぞの転造

第2報における実験でVみぞを転造するのに用いた転造装置によって圧力一定形の転造圧力曲線を実現する方法について検討を加えた。

転造装置については第2報で詳しく報告したのでここでは簡単に述べる。第2図はこの転造装置を示す。第2図(a)において①はロール, ②は軸受, ③はフレームで, ④の部分の旋盤の刃物台に取付ける。第2図(b)においてAは試験片, Bは転造装置である。第1図に示すAの部分の旋盤のチャックでくわえて回転させ、転造装置を取付けた刃物台を自動送りにより試験片に接近させてVみぞを転造する。そのさいの転造圧力を第2図(a)の⑤および⑥にはり付けた抵抗線ひずみ計により測定した。測定結果の一例を第3図に示す。この記録はペン書きオシログラフにより得られたものである。転造条件は第3図中に記されている。ねじ転造のさいの転造圧力に関する山本⁽⁴⁾の理論を用いて第3図に対する転造圧力を計算すると第4図の実線で示すような値が得られる。第4図中の○印は第3図から求めた試験片2回転ごとのPの値である。これらの図からこの転造方式は圧力上昇形に属すること

第1表 疲れ試験片の素材

材 質	素材の状態	化 学 成 分 %							熱 処 理	かたさ	引張試験の結果			
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo			引張強さ kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²	伸び %	絞り %
S 35 C	25φ みがき丸棒	0.33	0.29	0.67	0.023	0.012	—	—	受入れのまま	HrB 87	60.4	—	23	50
SCM 3	25φ 黒皮丸棒	0.35	0.30	0.73	0.014	0.010	1.06	0.18	焼入れ 850°C 油冷 焼もどし 600°C 水冷	HrC 28	97.7	90.5	18	63

がわかる。転造圧力の計算値の求め方は第 2 報に詳しく報告したが、圧力一定形の転造方式を実現する方法を検討するためにその概要を次に述べる。

山本⁽⁴⁾の理論によれば転造圧力を P 、ローラと試験片との接触面積を A とすれば次の関係が得られる。

$$P=HA \quad \cdots \cdots (1)$$

この式における H を試験片の材料の V みぞ転造における変形抵抗と呼ぶことにする。 A を求めるにはローラと試験片との接触状態を知ることが必要である。第 5 図にローラと試験片との接触の状態を示す。第 5 図(a)は V みぞにおける軸直角の断面を示す。この図における $X-X$ 断面を第 5 図(b)に示す。ローラの先端は丸みをおびているが計算を簡単にするためくぼみの部分を台形と考える。またくぼみの両端のもり上がりの部分を直角三角形と仮定する。くぼみの部分ともり上がりの部分の体積が等しいという条件を(b)図における I の部分の面積が II, III の部分の面積の和に等しいという条件におきかえる。次に第 5 図(a)において上のローラを取除き、上方から試験片を見ると第 5 図(c)が得られる。斜線を施した台形の面積が(1)式の A に相当する。以上のような考え方と第 5 図中に示した記号を用いると次のような転造圧力に関する基礎方程式が得られる。

$$P = \frac{1}{2} H [y(\nu) + y(\nu - 0.5)] \sqrt{\frac{x(\nu) - x(\nu - 0.5)}{(1/D) + (1/d_k)}} \quad \cdots \cdots (2)$$

$$y = (2/\sqrt{3}) [a + x + (1/2)\sqrt{2ax + x^2}] \quad \cdots \cdots (3)$$

第 5 図 ローラと試験片との接触の状態

第 6 図 ローラが試験片に食いこんでゆく状態

ただし式中の記号は次のとおりである。

ν : 転造始めからの試験片のころがり数

$x(\nu)$: ν においてローラが試験片に食いこんでいる深さ

$y(\nu)$: ν においてローラと試験片が接触している部分の軸方向の長さ

D : ローラの直径

d_k : 試験片の素材径

a : ねじ山のきり取り高さに相当する量

試験片の材質: SCM 3
転造装置の送り: 0.25 mm/rev
圧力上昇形

第 3 図 V みぞの転造圧力の測定記録例

試験片の材質: SCM 3
転造装置の送り: 0.25 mm/rev
圧力上昇形

第 4 図 V みぞの転造圧力—
計算値と実験値との比較

(2)式と(3)式のなかには P, x, y, ν という4変数が含まれている。これらの間にもう一つの関係式があれば $P-\nu$ または $x-\nu$ の関係を求めることができる。この関係式は次のようにして求められる。

第6図(a)は転造始めにおけるローラと試験片との関係を示す。また転造始めから試験片が ν 回転したときのローラと試験片との関係を第6図(b)に、Vみぞのもり上がりのようなす(c)に示す。(a)におけるローラの中心距離を C , $\overline{EF}$ の長さを z_0 , (b)におけるローラの中心距離を $C+sP$, $\overline{EF}$ の長さを z_0-z とすれば次の関係が得られる。 z は転造始めから転造装置が送られた量である。

$$x + \frac{C}{D+d_k} \frac{sP}{2} = \frac{z(2z_0-z)}{D+d_k} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$z_0 = (1/2)\sqrt{(D+d_k+C)(D+d_k-C)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ローラの中心距離は転造圧力に比例して大きくなるものと仮定し、その比例定数が s である。

第2報における実験では転造装置は試験片のころがり数に比例して送られたので、試験片1回転あたりの送りの量を f とすると z, z_0 は次の式で表わされる。

$$z = f\nu, \quad z_0 = f\nu_0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

ただし ν_0 は転造始めから試験片の中心と2個のローラの中心が一直線上にならぶまでの ν の値である。第4図の計算値は(2)~(6)式を解いて求めたものである。計算を行なうのに使用した数値は次のとおりである。

$$D=42.60 \text{ mm}, \quad d_k=8.50 \text{ mm}, \quad a=0.23 \text{ mm},$$

$$C=50.06 \text{ mm}, \quad f=0.25 \text{ mm/rev}, \quad H=400 \text{ kg/mm}^2$$

s は転造装置のフレームの単位荷重あたりの弾性変形

第7図 圧力一定形の転造圧力曲線

試験片の材質: SCM 3
転造装置の送り: 0.25 mm/rev

第8図 第7図に対応する ν と z との関係

量 s_1 とローラと試験片との接触部の単位荷重あたりの弾性変形量 s_2 との和に等しい。 s_1 はフレームの形状がきわめて単純であるので簡単な計算から求められる。また s_2 は山本ほか3名⁽⁹⁾の研究から計算できる。これらの計算から s は次のような式で与えられる。

$$s = 0.00025 + (0.00110/y) \quad \dots\dots\dots(7)$$

(7)式において y の単位は mm, s の単位は mm/kg である。第2報においては計算を簡単にするため s の値が y によって変化しないと仮定して計算を行なったので、計算値と実験値との一致は第4図ほど良くはなかった。

圧力一定形の転造方式を実現するには転造装置に一樣な送りではなく、 ν とともに変化するような送りを与える必要がある。圧力の変化を第7図のように与えると(2)~(4)式から z と ν の関係を求めることができる。第8図の実線が計算結果である。転造条件は圧力曲線の形式を除いては第4図と同じで、第7図における P_0 は第4図の計算値の最大圧力 116kg, ν_1 は1に選んである。第8図の縦軸は $(z-f\nu)$ であって、これは次の理由による。第2図(b)に示すように転造装置の送りを二重に行ない、下のスライドに一樣な自動送りを与えたとき上のスライドにどのような値を与えるべきかを求めるには $(z-f\nu)$ が必要である。第

試験片の材質: SCM 3

転造装置の送り: 0.25 mm/rev

第9図 第8図の点線に対応する転造圧力曲線—計算値と実験値との比較

試験片の材質: SCM 3

転造装置の送り: 0.25 mm/rev

第10図 試験片へのローラのくいこみのようす(計算値)—圧力上昇形と圧力一定形との比較

8 図を見ると上のスライドに与える運動は割合単純で、初めの 1 回転の間に 1.12 mm だけ急激に送り、そのあとは下のスライドの様な送りにまかせておいても大差ないように思われる。このような操作は特にカムを作ったりしなくても手動で行なうことができる。第 8 図の点線で示すような送りを与えたときの転造圧力曲線を計算すると、第 9 図の実線で示すような曲線が得られる。○印は実験値で計算値とよく一致している。

第 10 図は圧力上昇形と圧力一定形においてローラが試験片にくいこむようすを解析的に求めた結果を示している。転造条件はそれぞれ第 4 図ならびに第 9 図に対応する。両者を比較すると圧力上昇形ではわりあい一様にくいこんで行くのに対し、圧力一定形では初めに急激なくいこみが行なわれることがわかる。また

これらの V みぞの転造過程は第 1 報で考察したねじ転造の過程とよく対応している。

4. 疲れ試験の結果ならびにその考察

前節に述べたような方法で各転造条件ごとに 10 本程度の試験片を転造し、まず 5, 6 本の試験片について耐久限度より高い応力振幅で疲れ試験を行ない第 11 図のような結果が得られた。B₁, B₂, B₃ という条件は転造装置の送りを 0.47, 0.25, 0.11 mm/rev として得られた。これに対する ν_0 の値は圧力上昇形のときは、10.9, 20.5, 46.6, 圧力一定形のときは 8.7, 16.1, 37.8 である。第 11 図のなかに引かれている右下がりの直線は最小二乗法により求めたものである。これから時間強度の標準偏差の推定値を求めると第 2 表のようになる。 $\hat{\sigma}_t$ が A, B, C 3 因子の各

第 11 図 転造 V みぞ付試験片の S-log N 曲線

組合せに対する推定値である。Bartlett⁽⁶⁾の方法により分散の一樣性を検定すると第2表に示すようにこれらの分散は一樣であることが認められる。第2表において Q および l は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} Q &= \bar{\nu} \ln \hat{\sigma}^2 - \sum_{i=1}^k \bar{\nu}_i \ln \hat{\sigma}_i^2, \\ l &= 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left[\sum_{i=1}^k \frac{1}{\bar{\nu}_i} - \frac{1}{\bar{\nu}} \right], \\ \bar{\nu} &= \sum_{i=1}^k \bar{\nu}_i, \quad \hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{\nu}_i \hat{\sigma}_i^2}{\bar{\nu}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

$\bar{\nu}_i$ は $\hat{\sigma}_i^2$ に対する自由度で、 $\hat{\sigma}_i^2$ を求めるのに使用した試験片の数を n_{1i} とすると $\bar{\nu}_i = n_{1i} - 2$ という関係がある。

第2表から時間強度の分散の一樣性が認められたので、計算された $\hat{\sigma}$ の値すなわち 1.09 kg/mm^2 をこれらの試験片の時間強度の標準偏差に対する推定値と考えてよい。その自由度 $\bar{\nu}$ は 38 である。

第11図に×印で示されている S の値は、3因子の

第2表 転造Vみぞ付試験片の時間強度の分散に対する一樣性の検定

i	A	B	C	$\hat{\sigma}_i$	$\bar{\nu}_i$	$\bar{\nu}_i \hat{\sigma}_i^2$	$\bar{\nu}_i \log \hat{\sigma}_i^2$
1	1	1	1	0.45	3	0.60	3.900
2	1	1	2	0.86	3	2.22	1.604
3	1	2	1	1.21	6	8.76	0.984
4	1	2	2	1.35	3	5.46	0.780
5	1	3	1	0.54	3	0.87	2.386
6	1	3	2	1.20	3	4.32	0.474
7	2	1	1	1.32	2	3.48	0.480
8	2	1	2	1.51	3	6.84	1.074
9	2	2	1	0.77	4	2.36	1.080
10	2	2	2	1.18	3	4.17	0.426
11	2	3	1	0.33	3	0.33	3.123
12	2	3	2	1.72	2	5.90	0.940
計	—	—	—	—	38	45.31	5.251

注) $\hat{\sigma}_i$ の単位: kg/mm^2

$\hat{\sigma} = \sqrt{45.31/38} = 1.091$, $\bar{\nu} = 38$

$Q/l = 15.7$, $\chi^2(\alpha=0.05, \bar{\nu}=11) = 19.7$

第3表 Staircase 法により求めた転造Vみぞ付試験片の $\log N=6.5$ に対する時間強度

A	B	C	$\hat{\mu}$ kg/mm^2	疲れ強さの比	
				(1)	(2)
1	1	1	36.5	1.33	2.66
1	1	2	37.6	1.37	2.74
1	2	1	35.6	1.30	2.60
1	2	2	36.6	1.34	2.67
1	3	1	33.6	1.23	2.46
1	3	2	36.2	1.32	2.64
2	1	1	60.7	1.28	2.68
2	1	2	62.5	1.31	2.76
2	2	1	62.2	1.31	2.76
2	2	2	62.2	1.31	2.76
2	3	1	59.0	1.29	2.61
2	3	2	61.3	1.29	2.71

注) (1) 平滑試験片に対する比

(2) 切削Vみぞ付試験片に対する比

各組合せに対し4本ずつの試験片について Staircase 法により $\log N=6.5$ に対する時間強度の平均値を求めた値である。

Staircase 法における段階の幅は $\hat{\sigma} = 1.09 \text{ kg/mm}^2$ になるべく近くなるように選んだ。疲れ試験機のおもり 0.5 kg が応力では 1.2 kg/mm^2 に相当するので、これを段階の幅とした。出発点の応力振幅も第11図の○印の実験結果から決定した。第3表はこの時間強度の平均値の推定値 $\hat{\mu}$ の値を示す。第3表にはこれらの時間強度と平滑試験片ならびに切削Vみぞ付試験片の耐久限度との比も示されている。平滑試験片ならびに切削Vみぞ付試験片の疲れ強さについては第2報に述べられている。

第3表の実験結果に対し分散分析を行なった結果を第4表に示す。この分散分析法はふつうの方法と少し異なるが、これについては第2報で検討済みである。第4表から、A, B, Cの主効果はいずれも1%の水準で有意であり、交互作用はすべて有意でない。このことは試験片の材質、転造中の試験片のころがり数および転造圧力曲線の形式はいずれも転造Vみぞ付試験片の回転曲げ疲れ強さに影響を及ぼすということを示す。主効果のグラフを描くと第12図のようになる。図中の矢印は95%信頼限界を示す。これを見ると転造Vみぞ付試験片の回転曲げ疲れ強さは転造中の試験片のころがり数が少ないほど高く、圧力上昇形のときよ

第4表 第3表に対する分散分析

要 因	自 由 度	SS	MS	F
A	1	1920.28	1920.28	3.220**
B	2	7.90	3.95	6.62**
C	1	6.47	6.47	10.85**
A×B	2	1.19	0.60	1
A×C	1	0.01	0.01	< 1
B×C	2	1.88	0.94	1.58
A×B×C	2	0.39	0.20	< 1
誤 差	38	—	0.596	—

注) $F_{38,1}(0.01) = 7.35$, $F_{38,2}(0.01) = 5.21$, ** 1%で有意。

第12図 第3表における主効果のグラフ

り圧力一定形のときのほうが高いことがわかる。

転造中の試験片のころがり数と転造圧力との関係を調べてみると第 13 図のようになる。図中の実線は前節に述べたような方法で計算した値、またプロットは第 3 図のような記録から読みとった実験値である。

第 13 図には試験片の材質が SCM 3 で、圧力上昇形の場合が示されている。転造圧力の最水値は B_1 , B_2 , B_3 に対しほぼ 150 kg, 115 kg, 85 kg である。転造中の試験片のころがり数が小さいほど転造圧力は大きい。したがって転造圧力が大きいほど疲れ強さが高いということもできる。これは Horger⁽⁷⁾, 河本と西岡⁽⁸⁾の研究の結果と一致している。彼らは平滑試験片にローラをおしつけて表面圧延を行ない、その回転曲げ疲れ強さを求めている。河本ほか 3 名⁽⁹⁾は切削 V みぞ付試験片の谷底にローラをおしつけ谷底だけを転造してその回転曲げ疲れ強さを求めているが、その場合にはある圧力のとき疲れ強さが最大値を示している。本研究の範囲では疲れ強さが最大値を示す点はあらわれなかった。

圧力上昇形と圧力一定形とは、第 10 図に示すようにローラが素材に食いこむようすが異なる。圧力一定形のほうが転造の初めに急激な食いこみが行なわれる。したがってローラの食いこみが急激に行なわれるほうが疲れ強さが高いように思われる。このことは転造中の試験片のころがり数の影響についての結果からも考えられる。第 13 図に対応するローラの食いこみのようすを第 14 図に示す。これによると B_1 , B_2 , B_3 の順序でローラの食いこみがゆるやかになる。一方疲れ強さは同じ順序に低くなる。したがってこの場合もローラの食いこみが急激なほど疲れ強さが高くなるといういかえでもよいかも知れない。

以上の考察から転造ねじの場合も転造圧力が高いほど、転造工具の食いこみが急激に行なわれるほど疲れ強さが高くなることが予想される。しかしあまり食いこみが急激に行なわれるとねじの精度が低下するおそれがある。しかも第 12 図からわかるように転造条件を変えることによって転造ねじの疲れ強さを著しく向上させるということは期待できない。

5. 結 言

この報告における研究を要約すれば次のようになる。

(1) 冷間引抜された S 35 C および調

質された SCM 3 の 2 種類の材料の丸棒に V みぞを転造し、これを試験片として回転曲げ疲れ試験を行なった。V みぞの転造条件については転造中の試験片のころがり数と転造圧力曲線とを変化させることにした。試験片のころがり数はほぼ 10, 20, 40 に近くなるように選び、転造圧力曲線の形式は圧力上昇形と圧力一定形の 2 種類を選んだ。第 2 報で述べた転造装置を用い普通の方法で転造を行なうと圧力上昇形が得られる。同じ装置を用い簡単な操作を加えることにより圧力一定形が実現できるということがわかった。

(2) 圧力一定形の場合について転造圧力を解析的に求め、測定値と比較した。計算値と実験値とはよく一致している。またローラが素材にくいこむようすを解析的に求め圧力上昇形の場合と比較した。この解析から V みぞの転造条件とねじの転造条件との対応が明らかになった。

(3) 疲れ試験の結果を統計的に解析したところ、転造中の試験片のころがり数も転造圧力曲線の形式も転造 V みぞ付試験片の回転曲げ疲れ強さに影響することがわかった。疲れ強さは試験片のころがり数が小さいほど高く、また圧力上昇形の場合より圧力一定形の場合のほうが高い。

(4) 転造過程の解析と疲れ試験の結果からローラが素材に急激にくいこむ場合ほど転造 V みぞ付試験片の疲れ強さが増すように思われる。転造ねじの疲れ強さについても同様なことが考えられるが、転造工具の

試験片の材質: SCM 3
圧力上昇形

第 13 図 ν_0 による転造圧力曲線の違い

試験片の材質: SCM 3
圧力上昇形

第 14 図 ν_0 によるローラのくいこみ曲線の違い

くいこみをあまり急激に行なうとねじの精度が低下するおそれがある。

この研究に貴重な御教示を賜った東京工業大学精密工学研究所の山本 晃博士ならびに実験装置、試験片の製作を担当された同研究所付属工場の各位に感謝の意を表する。

文 献

(1) 吉本, 機械学会論文集, 26-169 (昭 35-9), 1298.

- (2) 吉本, 機械学会論文集, 27-184 (昭 36-12), 1921.
- (3) 吉本, 機械学会論文集, 26-167 (昭 35-7), 918 ; 27-179 (昭 36-7), 1057.
- (4) 山本, 東京工業大学学報, シリーズA, No. 1 (昭 32), 1.
- (5) 山本・明石・吉本・田口, 機械学会論文集, 26-166 (昭 35-6), 813.
- (6) R. L. Anderson & T. A. Bancroft, *Statistical theory in research*, (1952), 141, McGraw-Hill.
- (7) O. J. Horger, *J. Appl. Mech.*, 2-4 (1935), A-128.
- (8) 河本・西岡, 機械学会論文集, 18-68 (昭 27), 104, 108.
- (9) 河本・ほか3名, 材料試験, 3-11 (昭 29), 19.

討

〔質問〕 慎重な実験の取扱いに敬意を表します。なお次の点について意見を伺いたい。

(1) ねじについて詳細なことはよくわからないが、約 10 mm 以下であると有効径と谷径の比(加工度)が約 0.85~0.9 程度であると思う。この実験では $7.5/8.5 \approx 0.88$ になっている。この加工度については、実験計画の際のパラメータにすることについての検討はされたのか。

(2) 小生らの研究では、現在のねじの加工度の範囲よりも強加工になるよう転造した場合にさらに疲れ限度が上昇したので、転造ねじについては現在の標準ねじの寸法よりもあらいねじのほうが丈夫なのではないかと想像している。この点についても意見があれば伺いたい。

(中 沢 一)

〔回答〕 この研究はねじのサイズを固定して進めてきた。御指摘のようにねじ山の高さも変化させればもっと多くの情報が得られたと思う。最近著しく発達している実験計画の手法を用いれば、それほど実験の数を増さないで多くの因子の影響を調べることができるように思われる。

論

また現在のねじの規格にとらわれずに実験を行なうということも、将来ねじ規格の再検討が行なわれる機会にたいせつな資料を提供することになるものと思われる。このような実験をさらに続けて行なう際には御指摘の点について十分な考慮を払いたいと思う。

〔質問〕 本論文は従来と全く不明確であった転造条件を明確に整理して、転造条件の中のどの因子が疲れ強さに影響するかという点を明らかにしており、きわめて有益であると考えます。

ただ、転造条件をさらに材力的に整理されて、断面の組織の流れ、ミクロかたさ分布などから、残留応力あるいは加工硬化などに関連づけ、従来発表されている疲れ強さに及ぼす残留応力あるいは加工硬化の影響と比較すると、さらに有意義であると考えますがどうか。

(島村昭治)

〔回答〕 第2報における討論の際にも同様な質問をいただき、断面の組織の流れおよびかたさ分布を調べたが、転造条件により著しい変化は認められない。これらの結果の整理がついたら次の機会に報告する。

宇宙時代の金属の新しい工作技術

宇宙時代の金属の工作は、従来の工作機械によって行なうことは困難である。E. I. デュポン・ド・ネモア社はバルチモアに数百万ドルを投じて金属研究センターを建設し、新しい工作、熱処理機械の研究を行っている。

研究の対象は、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステンなど、宇宙時代の金属といわれている耐火性金属で、とくにニオブの研究に力が入れている。

同社の金属センターの主要な設備に、熱圧延または冷間圧延で薄板と板金の両方を作ることのできる圧延機がある。板厚は 2 in から 0.002 in までの間変える

ことができ、しかもその切換え操作は非常に簡単である。また、追出シプレス機と真空熱処理炉は、圧延機とともに、アメリカ国内で同センターだけが設置している新装置である。真空熱処理炉は冷却壁構造、直接放熱式で、3000°F までの高温を出すことができる。

同社によって作られるニオブの加工製品の価格は、100 ポンドにつき約 60 ドルであるが、将来、需要の増加によってもっと価格を下げる事ができる。

〔Iron Age, 189-5 (1962), 81〕

(日本科学技術情報センター提供)